

现代 康复医学工程

林良明 范玉杰 主编

吕国良 卢 钢 副主编



上海交通大学出版社

R
LLM

现代康复医学工程

主 编 林良明 范玉杰

副主编 吕国良 卢 钢

上海交通大学出版社

(沪)新登字 205 号

内 容 简 介

本书较系统地介绍了现代康复医学工程的基本理论和方法。全书共分十五章，主要内容包括：现代康复医学工程概论，运动系统功能的评价方法，物理疗法，体育疗法，作业疗法，日常生活活动训练，康复心理，运动功能代偿装置，移动功能代偿辅助装置，感觉功能代行装置，语言能力训练治疗装置，神经肌肉功能电气刺激装置，重残人的生活环境自立控制与护理系统，矫形器和人工脏器。

本书可作大专院校生物医学工程和康复工程专业的教材或教学参考书，也可作为高等医学院校开设康复医学课程和培养康复医学专门人才的补充教材。此外，本书也可供给康复医学工程的研究与应用感兴趣的科技工作者及有关人员参考。

现代康复医学工程

出 版：上海交通大学出版社

淮海中路1984弄19号

发 行：新华书店上海发行所

印 刷：崇明永南印刷厂

开 本：850×1168(毫米)1/32

印 张：10

字 数：259000

版 次：1992年1月 第一版

印 次：1992年2月 第一次

印 数：1—1700

科 目：257—303

ISBN7—313—00946—1/R.8

定价 3.15 元

前 言

现代康复医学工程是综合工程学、医学、生物学和社会学的理论和方法，并应用电子学、传感技术和计算机技术等现代工程技术手段，来解决康复医学中有关问题的一门新兴边缘学科。它的根本任务在于通过医学与工程相结合的多种有效措施，创造条件，使残疾人、病人和老年人，最大限度地恢复机体活动功能，能够重建生活、重新回到社会，象健康人一样享有学习、劳动和参加社会活动的充分权利。

当前，由于社会人口的老化和疾病谱的改变，康复事业已越来越受到人们的关注，国际上已有“第三医学”之称（即预防、治疗、康复）。我国是一个历史悠久的文明古国，有着良好的康复服务传统。新中国成立后，残疾人康复事业已取得了很大成就。近几年来，现代康复医学也有了较快的发展。但是，我国是世界上残疾人和老年人口最多的国家，和整个社会日益增长的需要及国外康复医学发展的现状相比较，还存在着很大差距，现代康复医学与工程尚处于起步阶段。所以，发展我国康复事业的任务还很繁重，需要进一步动员广大群众和社会各方面都来重视和支持，使这一事业得到迅速发展。

本书是由上海交通大学精密仪器系、康复工程研究所和中国人民解放军康复医学中心、大连老年病研究所的有关专业人员共同编写的。由林良明和范玉杰担任主编，由吕国良和卢钢担任副主编。参加编写的还有刘国玺、张福金、武桂兰、高永才、冯培华、孙志宏、张守元、于锡香、刘在治、袁廷亮、姚伯鑫、谢国权等。本书内容力图在总结编者们从事康复医学与工程研究和临床实践体会的基础上，吸取国内外有关现代康复医学工程的理论和方法、以及近几年来较新的研究成果，突出医学与工程结合，注重现代工程技术在康复医学中的应用。期望作为一种尝试，能

有助于我国现代康复医学工程知识的普及，有益于促进我国现代康复医学工程事业的发展。

本书在编写过程中，得到了上海交通大学和中国人民解放军康复医学中心的有关领导和许多同志的热情支持和帮助。编者们在此一并表示衷心感谢。

现代康复医学工程是一门正在发展的学科，它所涉及的内容非常广泛。鉴于编者们的学识水平有限，本书内容难免会有不妥或错误之处，敬请同行专家及读者批评指正。

编者

一九九一年五月

目 录

第一章 现代康复医学工程概论	1
§1-1 康复的概念	1
§1-2 康复医学工程的历史	8
§1-3 康复与康复器械的分类	11
§1-4 康复医学工程展望	13
第二章 运动系统功能的评价方法	18
§2-1 概述	18
§2-2 静态评价法	18
§2-3 动态评价法	34
第三章 物理疗法	44
§3-1 概述	44
§3-2 电疗法	44
§3-3 光疗法	53
§3-4 超声波疗法	55
§3-5 温热疗法	56
§3-6 水疗法	58
§3-7 推拿按摩疗法	59
第四章 体育疗法	67
§4-1 概述	67
§4-2 运动训练的效应	68
§4-3 体育疗法的运动类型与方法	70
§4-4 体育疗法的常用设备	76
§4-5 残疾者应用功能代偿装置的体育疗法	77
第五章 作业疗法	86
§5-1 概述	86
§5-2 作业疗法常用的技术和方法	87

§5-3 作业疗法在常见残疾中的应用	93
第六章 日常生活活动训练	97
§6-1 概述	97
§6-2 ADL 训练的内容及方法	98
第七章 康复心理	115
§7-1 概述	115
§7-2 心理测验	117
§7-3 心理治疗	121
第八章 运动功能代偿装置	128
§8-1 概述	128
§8-2 上肢假肢	129
§8-3 下肢假肢	148
§8-4 假肢接受腔的计算机辅助设计与制造	173
第九章 移动功能代偿辅助装置	189
§9-1 概述	189
§9-2 轮椅动态稳定性	194
§9-3 电动轮椅的控制系统	204
§9-4 电动轮椅性能与试验	210
第十章 感觉功能代行装置	213
§10-1 概述	213
§10-2 盲人用视觉代行装置	214
§10-3 聋人用听觉代行装置	226
§10-4 假肢用皮肤感觉及深部感觉代行装置	229
第十一章 语言能力训练治疗装置	232
§11-1 概述	232
§11-2 语音识别原理	235
§11-3 训练中心设置型语言训练装置	240
§11-4 携带型语言训练装置	243
第十二章 神经肌肉功能电气刺激装置	245
§12-1 概述	245

§12-2	电气刺激的方法	246
§12-3	用于麻痹上肢功能重建的电气刺激系统	248
§12-4	用于麻痹下肢功能重建的电气刺激系统	254
§12-5	功能电气刺激的展望	259
第十三章 重残人的生活环境自立控制与护理系统		261
§13-1	概述	561
§13-2	环境控制装置	264
§13-3	护理机器人系统	269
第十四章 矫形器		276
§14-1	概述	276
§14-2	脊柱矫形器	278
§14-3	上肢矫形器	283
§14-4	下肢矫形器	286
第十五章 人工脏器		292
§15-1	概述	292
§15-2	人工心脏	292
§15-3	人工肾脏	297
§15-4	人工肝脏辅助	301
§15-5	人工胰脏	305
主要参考文献		308

第一章 现代康复医学工程概论

§1-1 康复的概念

一、康复的定义

现代康复是一门涉及医学、工程学、社会学和心理学等多个领域的综合性的新兴学科。康复的原文 Rehabilitation 的词源来自拉丁语的 Re(再、又、重新、复原)加上 habilitation(使其适合、使维持其能力、具有资格)所组成。英文的含义为“To make fit again”。原来广泛地用于权利、资格、尊严、健康等恢复的场合,即意味着重新使之成为具有资格、权利的适合者。

日本对于残疾人的康复,曾经用过“更生”、对残疾儿童的治疗、教育用“疗育”这些名词。后来,为了更确切或更全面地表达康复的概念,一般都采用了外来语,即 Rehabilitation(日本语为リハビリテーション,略词为リハビリ)。南朝鲜用“再治”。我国除台湾省用“复健”外,都是采用“康复”这个名词。

康复的定义,在不同时期、不同国家或不同角度,提法也有些不同。例如:

美国康复医学创始人之一Howard A. Rusk(腊斯克)曾说,康复是“为了使机体功能障碍的、慢性疾病或处于疾病恢复期的患者,以最优的条件,使之能够正常生活而设计的程序”。Frank H. Krusen 认为:“康复是使患者通过治疗和训练,而最大限度地发挥其潜力,以便能在生活、心理、社会 and 职业上达到正常的生活”。

1943年,全美康复审议会提出:“所谓康复是对于残疾人,在可能限度内让其在身体、精神、社会及经济方面,尽可能恢复到最佳状态进行的一切活动”。

1969年世界卫生组织(WHO)康复医学专门委员会第二次报告中,对康复所下的定义为:“康复是指综合地和协调地应用医学

的、社会的、教育的和职业的方法，对患者进行训练或再训练，使其活动能力尽可能地达到高的水平”。

1981年，世界卫生组织医疗康复专家委员会进行新修订的康复定义为：“康复是指采用各种有效的措施，以减轻残疾的影响和使残疾人重返社会。康复不仅是指训练残疾人使其适应周围的环境，而且也指调整残疾人周围的环境和社会条件，以利于他们重返社会。”

日本厚生省提出：康复是“对身心障碍的患者，在医学、社会、职业经济和教育上，采用尽快而又充分地恢复的方法，使其潜在的或残留的功能得到充分复原，以减少成为残疾人”。

在我国，1988年7月经国务院批准正式颁布了《中国残疾人事业五年工作纲要》，明确规定我国残疾人事业的宗旨和目标是“创造良好的物质条件和精神条件，使残疾人在事实上成为社会平等的一员，享有全面参与社会生活的权利，履行公民义务，共享由于劳动和社会经济发展所带来的物质文化成果”。

从上述可以看出，对康复定义的提法虽然有些不同，但基本思想还是一致的。可以认为，康复是综合应用各种科学技术和手段，使身心障碍者最大限度地恢复其活动功能、生活自理能力、劳动和工作能力等，以便使他们能充分地重新参加家庭和社会生活，以至重新回到工作岗位上去。所以，康复应该是以“全面康复”为主要原则，以“重返社会”为最终目的。

二、康复医学的定义

康复医学是一门有关促进残疾人及患者康复的医学学科。更具体地说，康复医学是一门关于对残、病患者在身体功能上、精神上和职业上进行康复的学科，它的目标是消除或减轻患者功能上的缺陷，帮助患者在其身体条件许可的范围内，最大限度地恢复生活和劳动能力，使残、病患者能够充分参与社会生活，同其他公民一样，平等地分享社会和经济发展的成果。

值得提出的是，在欧、美等一些国家和地区，康复医学就是

指狭义的“康复学”，有时与“物理医学与康复”(Physical medicine and rehabilitation, PM & R)相提并用。所以，在欧、美文献中出现的“Rehabilitation”和“Rehabilitation medicine”这两个名词往往都是指康复医学。

三、残疾分类

在世界卫生组织的损伤、残疾和障碍的国际分类中(International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps, 简称ICIDH)，对残疾的三个状态，分别定义为：

- (1) 损伤——功能损伤(含形态异常)；
- (2) 残疾——功能降低；
- (3) 障碍——社会性障碍。

由定义可知，残疾指的是一种身体状态。处于这种身体状态的人(常称为残疾人)，由于躯体功能或精神心理上的障碍，使其不能或难以适应正常的生活与工作。

构成残疾的三个要素：

(1) 在现代医学条件下，由于疾病或外伤，使器官或组织还无法完全“复原”的一种终局状态。这种终局状态的存在，是残疾的病理要素，或称病理损害；

(2) 由于病理损害而导致躯体生理功能或精神心理功能的低下或丧失。这是残疾的生理功能障碍要素，或称生理功能障碍；

(3) 由于生理功能障碍或病理损害而使残疾人不能或难以完成与其年龄、性别、文化相适应的社会角色。这是残疾的社会角色障碍，或称社会功能障碍。

狭义的残疾人主要指同时具有三要素的或以社会角色障碍为主的残疾人。但是从医学、医用工程学的角度来看，由于其侧重点在于人体生理功能的补偿和替代，所以广义的残疾人实际上指生理功能残疾人，广义的残疾也泛指生理功能残疾。

1980年颁布的《WHO国际残疾分类(ICIDH)》和我国于1986年正式颁布的《残疾标准》，如表1-1至表1-5所示。

表1-1 残 疾 分 类

	WHO 残疾分类 (1980年)	中国分类 (1986年)
躯体残疾	视觉残疾 听觉残疾 语言残疾 肢体骨骼残疾 肢体体形残疾 内脏残疾	视觉残疾 听觉言语残疾 肢体残疾
精神心理残疾	智力残疾 其他心理残疾	智力残疾 精神病残疾
复合残疾	复合残疾	综合残疾

表1-2 视觉残疾标准

最佳矫正视力	中国标准		WHO 标准		伤残人奥运会标准
	类别	级别	类别	级别	
无 光 感	盲	1	盲	5	B ₁
<0.02~光感, 或视野半径<5°				4	
<0.05~0.02, 或视野半径<10°		2		3	B ₂
<0.1~0.05	低视力	1	低视力	2	B ₃
<0.3~0.1		2		1	

表1-3 听觉残疾标准

听力损失程度 (dB, 听力级)	中国标准		WHO. ISO. 标准		伤残人奥运会标准
	类别	级别	级别	程 度	
>110	聋	1	G	全聋	平均听力损失大于 55dB均可以参加, 聋人比赛不分级别.
91~110			F	极重度	
71~80		2	E	重度	
56~70	重听	1	D	中重度	
41~55		2	C	中度	
26~40			B	轻度	
0~25			A	正常	

表 1-4 智力残疾标准

级 别		程 度		与平均水平差距	IQ 值	
中国	AAMD	中 国	AAMD	-SD	中 国	AAMD
1	I	极重度	最重度	≥ 5.01	20或25以下	25以下
2	II	重 度	重 度	4.01~5	20~35或25~40	25~39
3	III	中 度	中 度	3.01~4	35~50或40~55	40~54
4	IV	轻 度	轻 度	2.01~3	50~70或55~75	55~69
	V		临 界	—	—	70~84

注: (1) AAMD 为美国智力迟缓协会标准。

(2) 凡智商(IQ 值)在 70 以下, 年龄在 8 岁以上者, 均可参加弱智人体育竞赛。

表 1-5 肢体残疾标准(中国)

级别	内 容
1	(1) 四肢瘫, 下肢瘫, 双髋关节无自主运动。偏瘫, 单侧肢体功能完全丧失。 (2) 四肢在不同部位截肢或先天缺肢, 单全臂(全腿)和双小腿(前臂)截肢或缺肢。双上臂和单大腿(或小腿)截肢或缺肢, 双全臂(双全腿)截肢或缺肢。 (3) 双上肢功能极度障碍, 三肢功能重度障碍。
2	(1) 偏瘫或双下肢截瘫, 残肢仅保留少许功能。 (2) 双上肢(上臂或前臂)或双大腿截肢或缺肢; 单全腿(或全臂)和单上臂(或大腿)截肢或缺肢; 三肢在不同部位截肢或缺肢。 (3) 两肢功能重度障碍; 三肢功能中度障碍。
3	(1) 双小腿截肢或缺肢; 单肢在前臂、大腿及其上部截肢或缺肢。 (2) 一肢功能重度障碍; 两肢功能中度障碍。 (3) 双拇指伴示指(或中指)缺损。
4	(1) 单小腿截肢或缺肢。 (2) 一肢功能中度障碍; 两肢功能轻度障碍。 (3) 脊柱(含颈椎)强直; 驼背畸形大于70度; 脊柱侧凸大于45度。 (4) 双下肢不等长, 差距大于 5 厘米。 (5) 单侧拇指伴示指(或中指)缺损; 单侧保留拇指, 其余四指截除或缺损。

四、医学工程与康复医学工程

大家知道，临床医学的重点在于抢救生命和治疗疾病，而康复医学的主要对象是对有功能障碍的残疾人。所以，临床医学和康复医学之间既有联系又有区别，采取的方法、手段、措施以及目的和要求各有侧重。因此，国际上把“康复”称为“医学的第三方面”(The third Phase of medicine)或称为“第三医学”。

从残疾的不同阶段和具体方法上，可以就医学工程和康复医学工程对残疾处理方法的差别作如下比较。

1. 损伤

在该阶段中，由于要进行诊断、检查及治疗，所以它主要是与现有的医学工程技术有关系，而基本上与康复医学工程无关。

(1) 诊断或检查：例如血液检查、生化检查、电子显微镜、肌电图、心电图、脑电图、血压、异常细胞诊断、心磁图、X线X线CT、超声波、CT、核磁共振、核磁共振CT、正电子CT计算机辅助系统、超高温等。

(2) 治疗、手术：例如麻醉控制、高频电刀、激光电刀、电离元件、净化室等。

2. 残疾

在本阶段中，由于治疗已经大部分结束，所以是物理疗法、体育疗法、作业疗法、功能恢复训练、语言疗法等有关各疗法士(师)开展工作的活跃时期。虽然这时期所使用的器械常属于一些医学工程器械，但是医学工程师几乎不直接参与工作，而是由康复医学工程师负责观察训练状况、预测残留的残疾种类、并着手设计康复训练和重返社会所必需的辅助机器。为了对残疾人更有利，假肢矫形器安装人员和临床工程师也应该参加这阶段的临床讨论与研究。

3. 障碍

为了使残疾人最终能够重返社会，必须在进行职业训练的同时，还要进行为辅助其功能的假肢、矫形器或日常生活中所必需

的辅助器具等的使用训练。另外，要让残疾人在重返社会指导员和社会工作者的指导下，选择适当的职业。对重残人还要进行家庭日常生活方法的指导，使其尽可能地达到生活自立。此外，康复医学工程师对残疾人家庭住宅的改造、生活环境的改善等也起着重要的作用。显然，这些工作都是过去的医学工程领域中所没有看到的。

由上可见，医学工程是以对具有共同性的疾病进行诊断、治疗为中心开展的，所以容易实现器械的规格化和功能的标准化。而对于康复医学工程来说，由于残疾的程度因人而异，差别很大，所以这类器械生产的特点为多品种、少批量。

图 1-1 表示医学与工程对残疾的三个状态的不同处理方法。

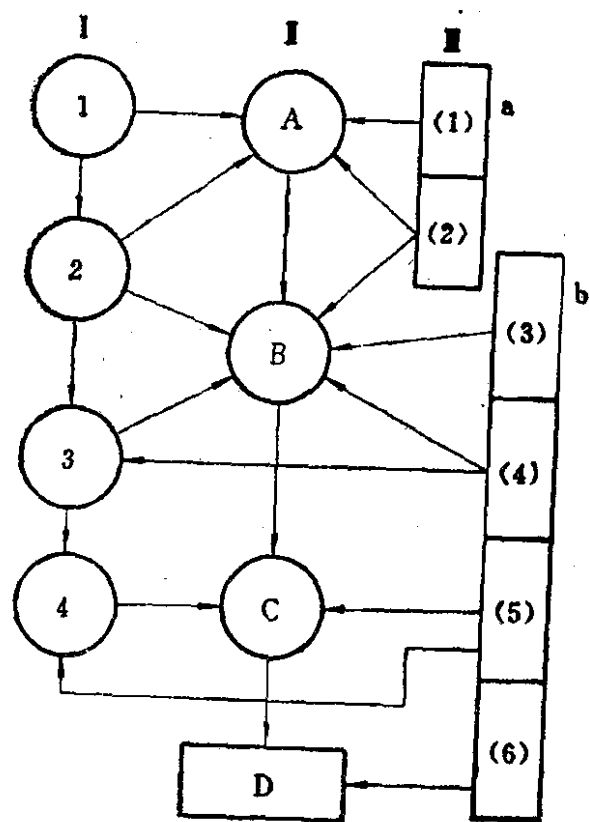


图 1-1 残疾人和医学与工程的处理方法

I— 医学方面的处理

1—诊断；2—治疗；3—训练；4—评价

II—状态

A—损伤；B—残疾；C—障碍；D—重返社会

III—工程方面的处理

a—医学工程，(1) 诊断装置；(2) 治疗装置；(3) 假肢、矫形器；
(4) 训练机器 (5) 测量装置；(6) 辅助器。b—康复医学工程；

§1-2 康复医学工程的历史

康复医学工程是在第二次世界大战造成了数量众多的残疾人情况下而发展起来的。

第二次世界大战后,美国为了设法让退役军人中的截肢者和视觉残疾者重返社会,于1945年开始了人工肢体研究计划(Artificial Limb Program)。该计划由美国国家科学院(National Academy of Sciences,简称NAS)的下属机构——假肢装具研究开发委员会(Committee on Prosthetic Research and Development,简称CPRD)承担实施。随后,CPRD在1971年提出了后5~10年的计划展望,使用了“康复”(Rehabilitation)这一名称。从此,卫生、教育、福利部(Department of Health, Education and Welfare,简称DHEW)的康复社会署(Rehabilitation Social Administration,简称RSA)在美国各地相继开设了康复医学工程中心(Rehabilitation Engineering Center,简称REC)。在这类中心中确立了研究开发、教育与训练、为患者服务三项宗旨,并对必要的研究开发项目详细地进行分类,使之更加系统化。这些项目为:

- (1) 下肢假肢(Lower-extremity Prosthetics);
- (2) 上肢假肢(Upper-extremity Prosthetics);
- (3) 下肢矫形器(Lower-extremity Orthotics);
- (4) 上肢矫形器(Upper-extremity Orthotics);
- (5) 脊柱矫形器(Spinal Orthotics);
- (6) 感觉辅助器(Sensory Aids);
- (7) 外科医学(Surgery);
- (8) 评价(Evaluation);
- (9) 小儿问题(Children's Problems);
- (10) 方法论(Methodology-Rehabilitation Engineering Centers)。

从上述这些项目可以看出，当时美国提出的康复医学工程是以肢体残疾和感觉残疾为对象，期望在广阔的领域上对存在问题进行研究解决。

在日本，由 1960 年代后半期开始、对先天畸形患儿*用电动假手和早稻田大学的前臂截肢用肌电控制电子假手的研究开发可以看出，该国是从电动假手的开发开始了对康复医学工程的研究。随后，自 1970 年起在各地相继设立了与康复医学工程有关的研究所和中心(即伤残康复医学工程中心和辅助器研究所等)。另外，于 1972 年在科学技术厅中组织了有关康复医学工程技术开发目标体系化委员会，对假肢技术的开发目标进行了整理。日本在这个阶段的中心研究课题，是进行动力假手和假腿的改进。从 1970 年代后半期开始，随着残疾人问题的严重化和康复医学概念的变化(从设施康复发展到地区、家庭康复)，对重残人用辅助机器的要求有了增高，另外对视、听觉残疾人用的机器也已进行了开发。针对这种动向，在 1976 年，日本通产省工业技术院设立了医疗福利机器研究所，该所是把具有一定研究技术的机构、临时组织起来的技术研究联合体。由于它具有相当充裕的研究费用，所以能够运用尖端技术进行各种医疗福利机器的研究开发。1979 年日本设立了国立身体残疾人康复中心及国立职业康复中心。在这期间，作为康复医学的科学技术基础的康复医学工程，获得了显著的进展。为了适应正在急速到来的社会老龄化，1986 年 6 月，日本政府制定了长寿社会对策大纲。该大纲中选定了 153 个课题作为今后十年间应该研究开发的重要课题，特别是设定下列四个课题为最优先研究的课题，即：①阐明与老年病防治有关的老化机理的研究；②阐明近年来已成为社会问题的弥漫性大脑萎缩症型痴呆的原因及预防、治疗方法的开发；③对卧床不起的老人的大小便失禁、褥疮的预防和治疗方法的开发；

* 由于母亲在妊娠期服用了镇静药反应停(Thalidomide)造成的先天性肢体畸形患儿。